〈目次〉

第１講　力学 ………………………… p. 2

第２講　電磁気学 ………………………… p. 5

第３講　波動 ………………………… p. 10

第４講　熱力学・原子分野 ………………………… p. 13

第１講　力学

1

図のように水平と角度$\theta(>0)$をなす斜面上の原点Oから，斜面と角度αをなす方向に初速v_0で質量mの小球を投射した。原点から斜面に沿って上向きにx軸を，斜面から垂直方向上向きにy軸をとる。斜面はなめらかで十分に長く，小球と斜面とのはね返り係数は$e(0<e<1)$とする。重力加速度の大きさをgとし，空気抵抗は無視する。また，角度θとαは$0<\theta+\alpha<\dfrac{\pi}{2}$の関係を満たすものとする。

小球を投射した時刻を$t=0$とし，小球が斜面に衝突するまでの運動について考える。

(1)　小球にはたらく重力のx成分，y成分を示せ。

(2)　時刻tにおける小球の速度のx成分，y成分を示せ。

(3)　時刻tにおける小球の位置のx座標，y座標を示せ。

(4)　小球が斜面と衝突する時刻を求めよ。

(5)　小球が斜面と衝突する点の原点Oからの距離ℓを求めよ。

(6)　距離ℓが最大となる角度αと，そのときの距離$\ell_{\rm max}$を求めよ。

小球が斜面に対して垂直に衝突した場合について考える。

(7)　角度αとθの関係式を求めよ。

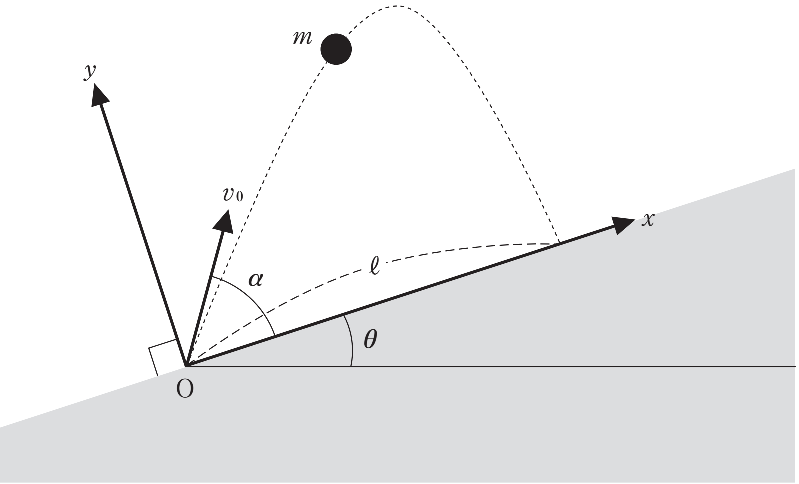
(8)　小球が斜面に衝突する直前の速さv_1をθを用いて表せ。

原点から投射した小球が斜面と垂直に１回目の衝突をしたあと，斜面上をバウンドしながら運動を続けた。

以下では解答にv_1を用いてよい。

(9)　１回目の衝突から２回目に衝突するまでの時間を求めよ。

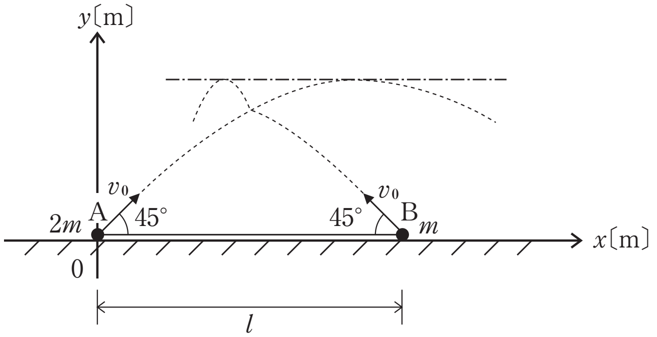
(10)　１回目の衝突からバウンドがおさまるまでの時間を求めよ。



m
y
v_0
x
α
ℓ
θ
O

[2]

図のように，質量２m〔kg〕の小球Ａと質量m〔kg〕の小球Ｂが，自然長l〔m〕のゴムでつながって地面の上にある。小球Ａ—Ｂ間の距離がlの状態から，２つの小球を地面から互いに向けて速さv_0〔m/s〕，角度45°で同時に打ち上げた。その後，２つの小球は空中で一度衝突して，等しい高さの最高到達点に達した後，地面に落下してはね返った。x軸，y軸を図のようにとり，初めの小球Ａの位置を原点にとる。ゴムは質量が無視できるほど小さく，自然長lよりs〔m〕だけ長くなったときks〔N〕の復元力を小球に及ぼすが，それ以外に小球の運動を全くさまたげないとする。空気抵抗は無視し，小球の大きさも無視する。また，小球同士の衝突，および小球と地面との衝突は弾性衝突である。以下の空欄を，l，v_0，m，k，および重力加速度g〔m/s^2〕のうち必要な記号および数字を用いて表せ。



小球を打ち上げてから初めて衝突するまでの時間は［(1)］〔s〕である。衝突直後においては，小球Ａの速度のx成分は［(2)］〔m/s〕，小球Ｂの速度のx成分は［(3)］〔m/s〕である。そのとき，速度のy成分は小球ＡとＢで等しく［(4)］〔m/s〕となる。また，ゴムでつながった２つの小球の重心をＧとしたとき，衝突するまでの間の重心Ｇの速度のx成分は［(5)］〔m/s〕である。

小球Ａ，Ｂの最高到達点の高さは［(6)］〔m〕である。

１度目に地面に落ちた瞬間には，ゴムの復元力によって２つの小球の相対速度が０となっていた。このとき，重心Ｇのx座標は［(7)］〔m〕であり，小球Ａ—Ｂ間の距離は［(8)］〔m〕である。

２つの小球が１度地面ではね返った後，空中で再び衝突して，２度目に地面に落ちる瞬間の小球Ｂのx座標は［(9)］〔m〕である。

テキスト解答

第１講　解答

1

（1）　x 成分：$-mg\sin\theta$

　　y 成分：$-mg\cos\theta$

（2）　速度の x 成分：$v_0\cos\alpha-(g\sin\theta)t$

　　速度の y 成分：$v_0\sin\alpha-(g\cos\theta)t$

（3）　x 座標：$(v_0\cos\alpha)t-\frac{1}{2}(g\sin\theta)t^2$

　　y 座標：$(v_0\sin\alpha)t-\frac{1}{2}(g\cos\theta)t^2$

（4）　$\frac{2v_0\sin\alpha}{g\cos\theta}$

（5）　$\frac{2{v_0}^2\sin\alpha}{g\cos^2\theta}(\cos\theta\cos\alpha-\sin\theta\sin\alpha)$

（6）　$\alpha=\frac{\pi}{4}-\frac{\theta}{2}$　　$l_{\max}=\frac{{v_0}^2}{g(1+\sin\theta)}$

（7）　$\tan\alpha\tan\theta=\frac{1}{2}$

（8）　$v_1=\frac{v_0}{\sqrt{4\tan^2\theta+1}}$

（9）　$\frac{2ev_1}{g\cos\theta}$

（10）　$\frac{2ev_1}{(1-e)g\cos\theta}$

2

（1）　$\frac{l}{\sqrt{2}\,v_0}$〔s〕

（2）　$-\frac{v_0}{3\sqrt{2}}$〔m/s〕

（3）　$\frac{5v_0}{3\sqrt{2}}$〔m/s〕

（4）　$\frac{v_0}{\sqrt{2}}-\frac{gl}{\sqrt{2}\,v_0}$〔m/s〕

（5）　$\frac{v_0}{3\sqrt{2}}$〔m/s〕

（6）　$\frac{{v_0}^2}{4g}$〔m〕

（7）　$\frac{l}{3}+\frac{{v_0}^2}{3g}$〔m〕

（8）　$l+2v_0\sqrt{\frac{m}{3k}}$〔m〕

（9）　$l+\frac{2{v_0}^2}{3g}$〔m〕